不同栽培年限黄花倒水莲产量与品质分析

万丽[1,2]，李典鹏[2,3*]，唐辉[2,3]，刘宝玉[2,3]，王满莲[2,3]，卢凤来[2,3]，郑玉梅[1,2]

（1.桂林医学院 药学院，广西 桂林 541004；2.广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所，广西 桂林 541006；3.广西植物功能物质与资源持续利用重点实验室，广西 桂林 541006.）

摘要：为确定黄花倒水莲的适宜采收期，该文采用国标等方法对1～5 年生黄花倒水莲根系形态特征、生物量、药用成分、营养成分和矿质元素进行了分析。结果表明：（1）根系形态（根幅、基径及一级根径）和根生物量在前2年增长缓慢，第2～3 年增长迅速，第3年后趋于平缓；（2）不同药用成分含量在不同栽培年限间存在显著差异，其中多糖在第1年含量最高，皂苷类化合物在第2年含量最高，而黄酮类化合物在第4年最高；（3）矿质元素含量受栽培年限影响较复杂，Ca、Mg、Mn、Cu 含量在第3年累积至最多，Fe含量逐年降低，Pb含量与Fe含量变化规律相反；（4）粗蛋白含量呈现先增加后降低的趋势，粗灰分含量与粗脂肪含量呈逐年降低趋势。研究表明，黄花倒水莲在第3年达到高产量，4～5 年生黄花倒水莲根中大多数品质指标均处于最低值，第3年为黄花倒水莲较为理想的采收期。研究结果阐明了黄花倒水莲在不同栽培年限根系的产量指标及品质指标积累动态变化规律，揭示了黄花倒水莲最佳采收期，为黄花倒水莲高产优质栽培提供技术指导。

关键词：黄花倒水莲，栽培年限，生物量，药用成分，营养成分[1]

中图分类号： **文献标识码：** 文章编号：

Analysis of *Polygala fallax* in terms of yield and quality during different cultivating year

WAN Li[1,2], LI Dianpeng[2,3*], TANG Hui[2,3], LIU Baoyu[2,3], WANG Manlian[2,3], LU Fenglai[2,3], Zheng Yumei[1,2,]

（1. *College of Pharmacy, Guilin Medical University*, Guilin 541004, Guangxi, China. 2. *Guangxi Institute of Botany*, *Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences*, Guilin 541006, Guangxi, China. 3. *Guangxi Key Laboratory of Plant Functional Phytochemicals and Substainable Utilization*, Guilin 541006, Guangxi, China.）

Abstract: In order to find out the optimum harvest time of *Polygala fallax*, the present study analyze the root morphology, biomass, medicinal components, nutritional components and mineral elements of *Polygala fallax* roots during the 1~5 cultivating year by national standards and other methods. The results were as follows: (1) The morphology and biomass of *Polygala fallax* root increasd slowly during the first two cultivating year, and increased rapidly during the

基金项目：国家重点研发计划项目（2019YFC0507504），广西青年科学基金项目（2021GXNSFBA220067）；桂林科技攻关项目(20190213-2)；广西科学院基本科研业务费项目（CQZ-C-1901）；桂林市创新平台和人才计划项目（20210102-3）；广西植物功能物质研究与利用重点实验室项目（ZRJJ2020-5）[Supported by National Key Research and Development Plan Project.(2019YFC0507504); Guangxi Youth Science Foundation Project (2021GXNSFBA220067); The Scientific Research and Technology Development Program of Guilin.(20190213-2); Basic Research Fund of Guangxi Academy of Sciences.(CQZ-C-1901); Guilin Innovation Platform and Talent Program Project.(20210102-3); The Project of Key Laboratory for Research and Utilization of Plant Functional Substances in Guangxi.(ZRJJ2020-5)]。

第一作者：万丽（1996-），硕士研究生，专业方向为药物研发与转化，（E-mail）1501217160@qq.com。

***通信作者：**李典鹏，博士，研究员，主要从事天然植物的化学物质基础和功能开发利用研究，（E-mail）ldp@gxib.cn。

2~3 cultivating year, however the parameters tended to be flat during the 3~5 cultivating year; (2) The content of different medicinal ingredients varied significantly within the cultivating year, polysaccharides reached to the peak at the first year, saponins reached to the peak in the second year, and flavonoids reached to the peak at the fourth year; (3) The mineral elements showed various behavior among cultivating years, the contents of Ca, Mg, Mn and Cu accumulated to the maximum in the third year, content of Fe decreased with increasing cultivating year, and the content of Pb increased with increasing cultivating year. (4) Crude protein increased first and then decreased, and the same change trands were observed in content of total ash and crude fat, both of which decreased as cultivating year increasing. The results show that *Polygala fallax* reaches a high yield in the third cultivating year, and most of the quality indicators in the roots of 4~5 year at the lowest value, and the third year is the ideal harvest period for *Polygala* fallax, which provide technical guidance for high-yield and good quality of *Polygala fallax*. The results of the study elucidate the dynamics accumulation of *Polygala fallax* during different cultivating year and reveal the optimal harvest time of *Polygala fallax*.

Key words: *Polygala fallax*, cultivating year, biomass, medicinal components, nutritional components

黄花倒水莲（*Polygala fallax*）别称黄花远志、观音串、鸭仔兜等，为远志科远志属多年生灌木，集食用、药用于一身，是瑶、苗、壮、侗等民族药。分布于江西、福建、湖南、广东、广西和云南等地（李树刚等，1991）。其根是传统药用部位，可用于病后体虚，腰膝酸痛，子宫下垂，月经不调，急、慢性肝炎及创伤性损伤等症（张嫦丽等，2017）。黄花倒水莲富含多种药用成分，如类黄酮、皂苷、多糖等，具有提高机体抗应激能力（刘嫦玉等，2020），抗血栓（刘育铖等，2021），抗衰老和抗癌等功效（林存丽等，2011）。此外，黄花倒水莲还可用作滋补汤料食材，制作花茶等，为两广地区民间煲汤用料（李根等，2022）。

了解植株生长年限对药用植物生物量和有效成分的影响是制定高效栽培技术的前提条件（唐凤鸾等，2021）。例如，刘芳等（2015）发现黄连生长过程中，根茎干重随生长年限不断增加，且各生长年限的增加幅度不同。陈松树等（2020）研究表明党参的 K、Mg、B、Zn、Mn、Cu 含量随着生长年限的延长而降低，Ca、P、Fe、Ni 元素含量随着生长年限的延长而增加。霍艺丹等（2011）发现不同栽培年限人参粗蛋白含量也不同。这些研究提示生长年限对中药材的产量与品质会产生较大影响。有研究表明，随着远志生长年限的延长，其初级代谢物中蔗糖、果糖、胆碱的量减少而甘氨酸、棉籽糖的量则增加，次级代谢物中皂苷类成分的量增加而酮及部分低聚糖酯的量则减少（张洁等，2019）。黄花倒水莲栽培年限与产量的关系如何？栽培年限差异是否改变内部代谢物质的积累，进而影响其品质？

目前，黄花倒水莲已有产量与品质随光照（Liang et al., 2022），林分（王邦富等，2018），激素（张玉仙等，2022）等变化规律的研究，有关黄花倒水莲产量与品质随栽培年限变化的研究并不多见。随着黄花倒水莲市场需求的增大，目前已开始进行大面积的人工种植，作为多年生根类药材，确定其适宜的采收时期对生产的指导意义重大。因此，本研究以 1～5 年生黄花倒水莲为对象，对其不同栽培年限的根系产量指标（根系形态特征、生物量）与品质指标（药用成分、营养成分、矿质元素）进行分析，探讨黄花倒水莲根生物量及根中有效成分积累的动态变化规律，以期为黄花倒水莲的科学采收提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

试验区位于广西壮族自治区桂林市灌阳县新街镇（111°6′30.6″ E；25°27′23″ N；海拔 1 154 m）；属亚热带季风气候区，年平均日照时数 1 171.4 h，年均气温 18.0℃，年均降雨量 1 582.6 mm。

1.2 试验材料及生物量统计

2017—2021 年，对试验地（旱地）进行全面整地后，按南北方向起畦，畦宽 1.5m，畦间距 30 cm。每年 3 月将上年秋季播种的黄花倒水莲幼苗移栽于试验区，行距 60 cm，株距 60 cm；每年种植面积不低于 667 m^2。整个生育期正常供水，随时防治病虫害，及时拔锄杂

草。

2022 年 2 月，于 1～5 年生黄花倒水莲试验小区，分别随机采挖中间畦生长良好、无病虫害的植株，每个生长年限处理各 10 株，清洗干净并晾干表面水分后分别用卷尺测量根幅，游标卡尺测量基径、一级根径；电子天平测量根鲜重后将各样品置于烘箱中 105℃杀青 15 min，80℃ 烘干至恒质量，测量其干质量，并计算药材折干率（Drying rate，DR，DR=干质量/鲜质量）。

1.3 功能性成分检测

将烘干的样品用粉碎机粉碎，过 40 目筛，每个样本 3 个重复。蛋白质含量参照 GB 5009.5-2016 进行检测；脂肪含量参照 GB 5009.6-2016 进行检测；灰分含量参照 GB 5009.4-2016 进行检测；矿质元素含量参照 GB 5009.268-2016 进行检测。总皂苷含量参照罗亚兰等(2017)响应面法优化超声提取黄花倒水莲总皂苷中的方法；总黄酮含量参照林存丽等（2011）超声波法优选黄花倒水莲总黄酮中的方法；多糖含量参照刘嫦玉等（2020）响应面法优化黄花倒水莲多糖中的方法。

1.4 仪器及试剂

仪器：TU-1810 紫外可见光分光光度计（北京谱析），SOA100 自动凯氏定氮仪（美国 Agilent 公司），HH-S 水浴锅、EH20A-plus 电热板（美国 Agilent 公司），SX-4-13Z 马弗炉（美国 Agilent 公司），Agilent7800N8421A 电感耦合等离子体质谱仪（美国 Agilent 公司）等。

试剂：硫酸，硫酸钾，盐酸，乙酸镁，硝酸，氩气，氦气，金元素，乙醇，亚硝酸钠，氢氧化钠，硝酸铝，冰醋酸，甲醇、高氯酸，香草醛，苯酚、浓硫酸（试剂均来自西陇化工）。

1.5 数据处理

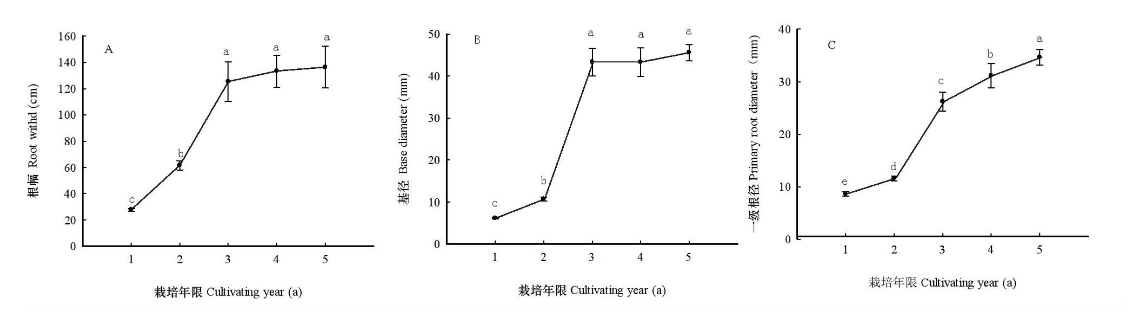
所得数据采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据处理，并采用 SPSS 20.0 进行单因素差异显著性分析，采用 Sigmaplot14.0 作图。

2 结果与分析

2.1 不同栽培年限黄花倒水莲根系形态分析

不同栽培年限的黄花倒水莲植株根系生长状况及形态特征见图 1，图 2。由图可知，不同栽培年限黄花倒水莲根系呈现较大差异（图 1，图 2）。1～3 年生黄花倒水莲植株的根幅、基径均存在显著差异（P<0.05），根幅、基径的变化范围分别为 27.70～125.33 cm、6.18～43.33 mm。3～5 年生黄花倒水莲植株的根幅与基径无显著差异，根幅与基径分别达到了 125.33～136.33 cm、43.33～45.59 cm （图 1：A, B）。1～5 年生黄花倒水莲植株的一级根径均存在显著差异（P<0.05），一级根径的变化范围为 8.65～34.65 mm (图 1：C)。

1～5 年生黄花倒水莲植株的根幅、基径及一级根径随栽培年限的增长其生长变化趋势相对一致，呈逐年增长趋势。其中，根幅、基径及一级根径在 2～3 年增长最快，3 年后趋近平缓 (图 1)。



A. 根幅；**B.** 基径；**C.** 一级根径。

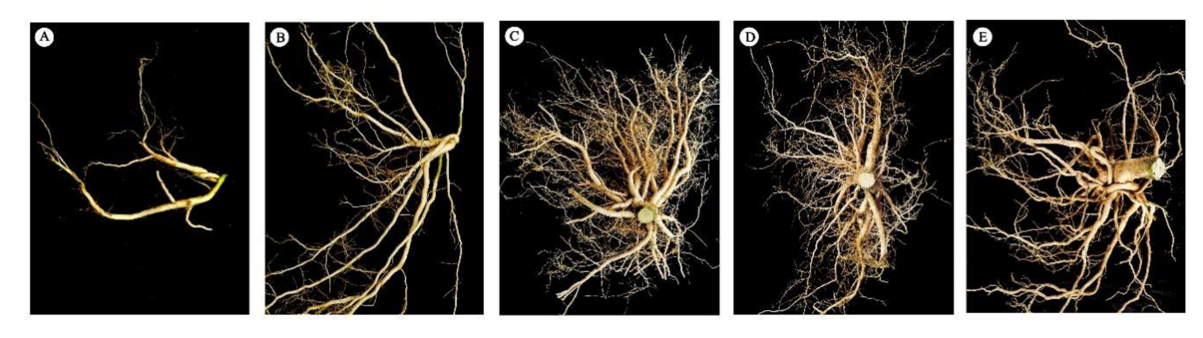
A. Root width；**B.** Base diameter；**C.** Primary root diameter.

注：数据为平均值±标准误差，不同小写字母表示差异达到显著水平（*P*＜0.05）。

Note: The data is the mean ± standard error , Different lowercase letters indicate significant differences (*P*<0.05).

图 1 不同栽培年限黄花倒水莲的根幅、基径和一级根径

Fig.1 The root width, base diameter and primary root diameter of *Polygala fallax* during different cultivating year



A. 1a；**B.** 2a；**C.** 3a；**D.** 4a；**E.** 5a。

A. One year；**B.** Two year；**C.** Three year；**D.** Four year；**E.** Five year.

图 2 栽培年限对黄花倒水莲根系形态的影响

Fig.2 The morphological of *Polygala fallax* roots during different cultivating year

2.2 不同栽培年限黄花倒水莲根的生物量分析

不同栽培年限的黄花倒水莲根的鲜重、干重、水分、折干率如表 1 所示。栽培年限对黄花倒水莲根的鲜重、干重、水分含量均有较大影响（表 1）。鲜重、干重、水分含量随栽培年限的延长增加，且增长节奏和变化极为相似，均为 2～3 年增长最快，3～5 年增长较慢。3~5 年生黄花倒水莲根的鲜重、干重、水分分别达到 1070.61～1229.33 g、289.33～337.33 g、781.33～892.00 g。除 1 年生外，黄花倒水莲根的折干率均无显著差异（*P*＜0.05），1 年生的折干率为 23.86%，2～5 年生的折干率为 26.07%～27.44%。

表 1 不同栽培年限黄花倒水莲根的生物量

Table 1 The Biomass of *Polygala fallax* roots during different cultivating year

栽培年限 Cultivating year (a)	鲜重(g) Fresh weight	干重(g) Dry weight	水分(g) Moisture	折干率（%） Drying rate
1	17.04±1.14c	4.05±0.25c	12.99±0.91c	23.86±0.49b
2	54.24±5.50c	14.24±1.58c	39.99±3.96c	26.07±0.60a
3	1070.67±162.34b	289.33±40.71b	781.33±122.42b	27.10±0.70a

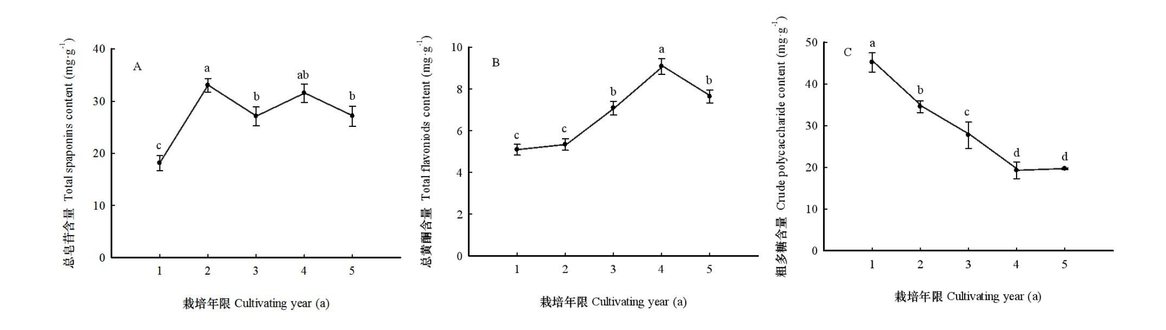
4	1174.67±91.96ab	320.33±22.56ab	854.33±69.44ab	27.30±0.23a
5	1229.33±37.97a	337.33±13.57a	892.00±28.88a	27.44±0.73a

注：数据为平均值±标准误差，不同小写字母表示差异达到显著水平（P＜0.05）。

Note: The data is the mean ± standard error, Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05).

2.3 不同栽培年限黄花倒水莲根中药用成分含量分析

不同栽培年限的黄花倒水莲根中总皂苷、总黄酮、粗多糖含量如图 3 所示。由图可知，不同栽培年限黄花倒水莲根中药用成分含量呈现较大差异，总皂苷含量在 18.12 $mg{\cdot}g^{-1}$～33.04 $mg{\cdot}g^{-1}$；总黄酮含量在 5.09 $mg{\cdot}g^{-1}$～9.08 $mg{\cdot}g^{-1}$；粗多糖含量在 19.28 $mg{\cdot}g^{-1}$～45.16 $mg{\cdot}g^{-1}$。总皂苷含量在 1～2 年增加较快，在第 2 年达到了最大值（33.04 $mg{\cdot}g^{-1}$）。总黄酮含量呈现先增加后减少的趋势，在第 4 年出现峰值（9.08 $mg{\cdot}g^{-1}$）。粗多糖含量呈现先减少后稳定的趋势，1～4 年生黄花倒水莲根中粗多糖含量均有显著差异（P<0.05），最高含量为 45.16$mg{\cdot}g^{-1}$。



A. 总皂苷；**B.** 总黄酮；**C.** 粗多糖。

A. Total spaponins；**B.** Total fiavoniods；**C.** Crude polysaccharide.

注：数据为平均值±标准误差，不同小写字母表示差异达到显著水平（P＜0.05）。

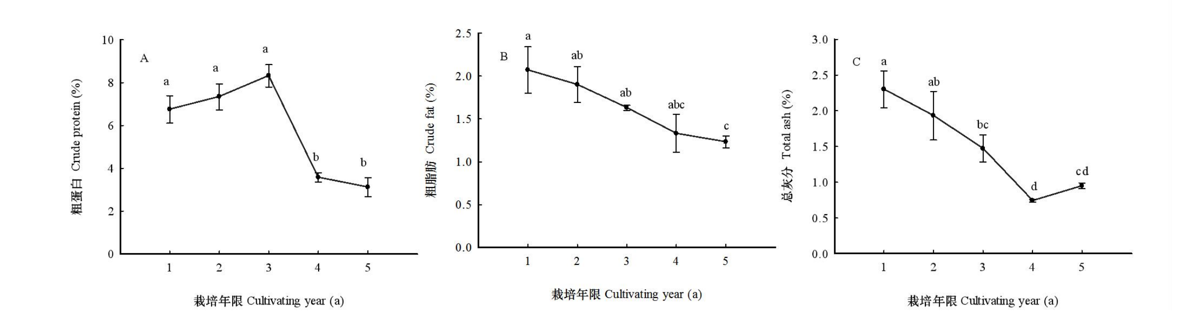
Note: The data is the mean ± standard error, Different lowercase letters indicate significant differences (P<0.05).

图 3 不同栽培年限黄花倒水莲根中总皂苷、总黄酮和粗多糖的含量

Fig.3 Contents of total spaponins, total fiavoniods and crude polysaccharide in *Polygala fallax* roots during different cultivating year

2.4 不同栽培年限黄花倒水莲根中营养成分含量分析

如图 4 所示，不同栽培年限黄花倒水莲根中的粗蛋白、粗脂肪及总灰分含量呈现较大差异，粗蛋白含量在 3.12%～8.32%；粗脂肪含量在 1.23%～2.07%；总灰分含量在 0.74%～2.30%。粗蛋白含量随栽培年限的延长呈先增加后减少趋势，在第 3 年出现峰值(8.32%)。粗脂肪与总灰分含量随栽培年限的的延长呈下降趋势，最高值均在第一年，分别为 2.07%，2.30%。



A. 粗蛋白；**B.** 粗脂肪；**C.** 总灰分。

A. Crude fat；**B.** Crude protein；**C.** Total ash.

注：数据为平均值±标准误差，不同小写字母表示差异达到显著水平（*P*＜0.05）。

Note: The data is the mean ± standard error, Different lowercase letters indicate significant differences (*P*<0.05).

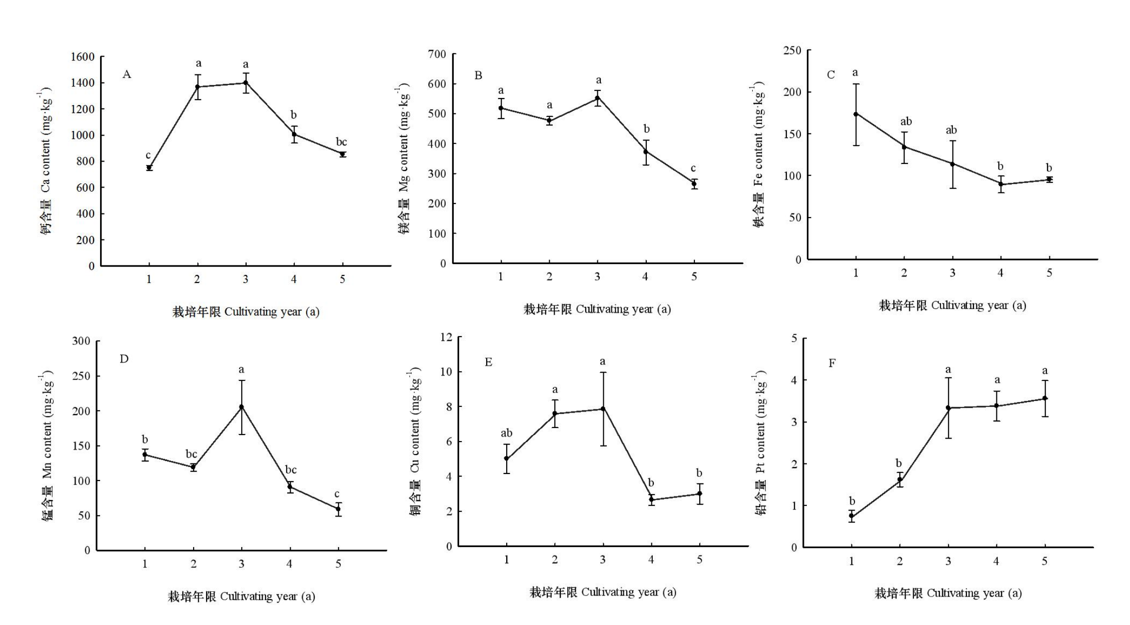
图 4 不同栽培年限黄花倒水莲根中粗蛋白、粗脂肪和总灰分的含量

Fig.4 Contents of crude fat, crude protein and total ash in *Polygala fallax* roots during different cultivating year

2.5 不同栽培年限黄花倒水莲根中矿质元素含量分析

不同栽培年限黄花倒水莲根中矿质元素含量如图 5 所示。黄花倒水莲根中含有较为丰富的矿质元素，其中常量元素 Ca 含量为 749.67～1396.67mg·kg^{-1}，Mg 含量为 264.33～551.67 mg·kg^{-1}。微量元素含量最高是 Fe （264.33～551.67 mg·kg^{-1}），其次为 Mn （205.00～11.00 mg·kg^{-1}），Cu (1.68～2.90 mg·kg^{-1}）,Pt 的含量最低，仅为 0.75～3.56 mg·kg^{-1}。

黄花倒水莲根中 Ca、Mg、Mn、Cu 含量随栽培年限的延长呈先增加后减少的趋势，总体表现为 3 年生最丰富，5 年生最低；3 年生黄花倒水莲根中 Ca、Mg、Mn、Cu 含量显著高于 4～5 年（*P*＜0.05）。黄花倒水莲根中中 Fe 含量随栽培年限的延长呈减少趋势，1 年生 Fe 含量显著高于 4～5 年（*P*＜0.05）。黄花倒水莲根中 Pt 含量随栽培年限的延长呈增加趋势，1～2 年生 Pt 含量显著低于 3～5 年（*P*＜0.05）。



A. 钙；**B.** 镁；**C.**铁；**D.** 铜；**E.** 铅。

A. Ca；**B.** Mg；**C.** Fe；**D.** Cu；**E.** Pt.

注：数据为平均值±标准误差，不同小写字母表示差异达到显著水平（*P*＜0.05）。

Note: The data is the mean ± standard error, Different lowercase letters indicate significant differences (*P*<0.05).

图 5 不同栽培年限黄花倒水莲根中钙、镁、铁、铜、和铅的含量

Fig.5 Contents of Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Pb in in *Polygala fallax* roots during different cultivating year

3 讨论与结论

中药材人工种植需同时兼顾产量与品质，才能保障其可持续发展。本研究中黄花倒水莲根系的生长总体呈现出由快变慢的生长规律。黄花倒水莲的根幅、基径及一级根径均在 1～2 年增长缓慢，2～3 年增长迅速，3～5 年趋于平缓，其根鲜重和根干重等生物量积累也呈现相同的趋势。这与 2～3 年是黄连根茎重量大幅度提高期的结果相似（刘芳等，2015），表明栽培的第 3 年是黄花倒水莲根产量形成的重要年份。这种根系形态变化趋势可能与植物的异速生长有关，种植前 3 年黄花倒水莲根系生长迅速有利于植株的固定与养分的吸收，当根系积累到一定程度能满足地上部分快速生长的养分需求后，植株增大地上部生长速率以获取更多光能。虽然 3 年后黄花倒水莲根系生物量还在继续增长，但增长速度趋于平缓，且生产周期越长投人越大，因此从投资收益的角度来确定说 3 年为适宜的产量采收期。

从品质的角度分析，黄花倒水莲根中大多数品质指标含量随栽培年限变化较大，结果与多年生黄芩、亳芍根中指标含量随栽培年限变化较大基本一致（缪晓素等，2015；姚厚军等，2017）。本研究对不同年限黄花倒水莲根中药用成分含量进行测定结果表明，不同药用成分含量受栽培年限的影响各不相同，其中皂苷类化合物均在第 2 年含量最高，该研究结果与李心怡等（2018）研究不同栽培年限桔梗的结果相似。黄酮类化合物在第 4 年最高，而多糖则在第 1 年含量最高。出现这一现象原因可能与药用植物生长年限增加，其根老化、柴化程度逐年增加，初生代谢产物减少而次生代谢产物含量增加有关（刘莎等，2018）。对不同栽培年限黄花倒水莲营养成分和矿质元素含量进行测定结果表明，1～3 年生黄花倒水莲根中粗蛋白、粗脂肪和总灰分含量波动较小，且处于较高水平，3～5 年生黄花倒水莲根中的粗蛋白、粗脂肪和总灰分含量随着栽培年限的增加逐渐降低，说明 1～3 年生黄花倒水莲营养价值高，适宜采收。各类矿物质元素中，除 Fe、Pb 元素，随栽培年限增加呈先增高后降低的趋势，在第 3 年含量达到最高。矿物质元素是人体新陈代谢及生长发育不可缺少的营养成分，缺失会导致身体发育迟缓和疾病的发生（张孟琴等，2022）。3 年生黄花倒水莲根中大多数矿物质元素含量较 1、2、4、5 年生含量高，说明 3 年生植株在汤料应用方面具有更高的营养价值。植物在生长过程中积累人体必需矿物质元素的同时也会积累一些重金属，如 Pb 等。有害元素 Pb 是中毒性较大的一种，可影响人体的神经、造血和生殖等各个系统（张梦妍等，2019）。本研究中黄花倒水莲中 Pb 的含量在逐年上升，至第 5 年含量为 3.56 $mg·kg^{-1}$，参照《中华人民共和国药典》（2020 版一部）中对人参、三七等药材 Pb 含量的要求为不得超过 5 $mg.kg^{-1}$，说明 1～5 年生黄花倒水莲根中的 Pb 含量在合理范围内。

综上所述，黄花倒水莲的根系形态、生物量、药用成分、营养成分及矿质元素均存在较大的年限差异。产量指标整体呈现先增长后平缓的趋势，3～5 年生黄花倒水莲根系具有较高的生物量，适宜3～5 年采收。品质指标大多数呈现先增长后降低的趋势，大多数指标在第3年达最大值。基于不同栽培年限根中生物量、药用成分、营养成分及矿质元素最大化原则，黄花倒水莲在第3年时采收为宜。

参考文献

HOU YD, CHEN WX, GUO XY, et al., 2011. Effect of different altitude on the content of protein in *Panax Ginseng* [J]. Modern Chinese Medicine, 13(5): 16-17,43. [霍艺丹，陈文学，郭晓雨，等，2011. 不同海拔对人参粗蛋白含量的影响[J]. 中国现代中药，13(5)：16-17.]

CHEN SS, ZHAO Z, WANG HZ, et al., 2020. Analysis of Guizhou *Codonopsis* quality and mineral elements with different growth years [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica, 31(6): 1461-1463. [陈松树，赵致，王华磊，等，2020. 不同生长年限的贵州党参质量和矿质元素分析[J]. 时珍国医国药，31(6)：1461-1463.]

LI G, PAN ZH, NING DS, et al., 2022. Isolation， identification and antioxidant activity of the flavonoid glycosides from *Polygala fallax* flower[J]. Guihaia, 42(5): 790-795. [李根，潘争红，宁德生，等，2022. 黄花倒水莲花中黄酮苷类成分的分离、鉴定及抗氧化活性研究[J].广西植物，42(5)：799-795.]
LI SG, WEI FN, MAO ZZ, et al., 1991. Flora of Guangxi[M]. Nanning: Guangxi Science & Technology Publishing House, 1: 469. [李树刚, 韦发南，毛宗铮，等，1991. 广西植物志[M]. 南宁：广西科学技术出版社，1：469.]
LI XY, CHEN L, MA YY, et al., 2018. Comparison of the content of total saponins and platycodin D in *Platycodon grandiflorum* from Sichuan of different cultivated years [J]. China Pharmacy, 29(9): 1249-1252. [李心怡，陈玲，马逾英，等，2018. 不同栽培年限川桔梗中桔梗总皂苷和桔梗皂苷D的含量比较[J]. 中国药房，29(9)：1249-1252.]
LIANG HL, LIU BY, WU C, et al., 2022. Effects of light intensity on the growth of *Polygala fallax* Hemsl. (Polygalaceae) [J]. Frontiers in Plant Science: 1-8. https://schlr.cnki.net/Detail/doi/GARJ2021_3/SQCBD8C133092B5486975593646F837FCEFF
LIN CL, ZHENG KL, YAN ZH, 2011. A study on ultrasonic extraction of total flavonoids from *Polygala aureocauda Dunn*[J]. Journal of Sanming University, 28(6): 71-76. [林存丽，郑可利，鄢紫红，2011. 超声波法优选黄花倒水莲中总黄酮的工艺研究[J]. 三明学院学报，28(6)：71-76.]
LIU CY, LIU SL, ZHANG RR, et al., 2020. Optimization of extraction technology of polysaccharide from *Polygala fallax* Hemsl by response surface methodology[J]. Food and Fermentation Science & Technology, 56(2): 40-44. [刘嫦玉, 刘素莲, 张锐锐, 等，2020. 响应面法优化黄花倒水莲多糖的提取工艺[J]. 食品与发酵科技，56(2)：40-44.]
LIU F, ZHANG H, QING LS, et al., 2015. Research on the dynamic change of biomass and the alkaloid contents of *Coptis chinensis* Franch in Emei [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica, 26(9): 2233-2235. [刘芳，张浩，青琳森，等，2015. 峨眉黄连根茎生物量积累及生物碱类成分的动态变化研究[J]. 时珍国医国药，26(9)：2233-2235.]
LIU S, REN ZL, LIU FS, et al., 2018. The influence of market risk on planting industry of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. based on the relation of different growing years and yield, quality of codonopsis radix[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 53(21): 1821-1825. [刘莎，任振丽, 刘付松, 等，2018. 基于生产年限与党参产质量的关系探讨市场对党参种植产业的影响[J]. 中国药学杂志，53(21)：1821-1825.]
LIU YC, MAO SY, LI Y, et al., 2021. Anticoagulant and antithrombotic effect and underlying mechanism of total saponins from the roots of *Polygala fallax* Hemsl: a study based on network pharmacology[J]. Food Science, 42(23): 206-213. [刘育铖，毛思宇，李昱，等，2021. 黄花倒水莲总皂苷抗凝血和抗血栓作用及机制：基于网络药理学[J]. 食品科学，42(23)：206-213.]
LUO YL, ZhANG JZ, TAO W, 2017. Optimization of ultrasound extraction technology for total saponins from *polygala fallax* Hemsl in response surface methodology[J]. Journal of Southwest China Normal University, 42(10): 56-60. [罗亚兰, 张吉仲, 陶伟，等, 2017. 响应面法优化超声提取黄花倒水莲总皂苷提取工艺[J]. 西南师范大学学报，42(10)：56-60.]
MIAO XS, SONG GH, LIU RX, et al., 2015. Effect of different cultivation years and harvesting period of *Scutellaria baicalensis* on active ingredients [J].Modern Chinese Medicine, 17(8): 836-839. [缪晓素，宋国虎，刘荣秀，等，2015. 不同栽培年限及采收期对黄芩药材有效成分含量的影响研究[J]. 中国现代中药，17(8)：836-839.]
TANG FL, YAN XJ, LIANG YY, et al., 2021. Effects of cultivation years on growth and content

of effective components of *Ardisia gigantifolia* stapf [J]. Guangxi Sciences, 28(4): 409-415. [唐凤鸾，颜小捷，梁英艺，等，2021. 栽培年限对走马胎生长及有效成分含量的影响[J]. 广西科学，28(4)：409-415.]

WANG BF, HUANG YP, FAN FR, et al., 2018. Effects of four forest stand types on the growth of *polygala fallax*[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 6(157): 20-22. [王邦富，黄云鹏，范繁荣，等，2018. 4 种林分类型对黄花倒水莲生长的影响[J]. 中国林副特产，6(157)：20-22.]

YAO HJ, CHEN ND, CHEN NF, et al., 2017. The dynamic accumulation of polysaccharide and trace elements from Bozhou Peony *Paeonia lactiflora* with different harvesting ages [J]. Journal of Biology, 34(5): 66-69. [姚厚军，陈乃东，陈乃富，等，2017. 不同栽培年限亳芍多糖与微量元素动态积累规律研究[J]. 生物学杂志，34(5)：66-69.]

ZHANG CL, ZHANG KF, XU YR, et al., 2017. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Polygala fallax* Hemsl[J]. China Pharmacy, 28(19): 2724-2728. [张嫦丽，张可锋，许有瑞，等，2017. 黄花倒水莲的化学成分与药理活性研究进展[J]. 中国药房，28(19)：2724-2728.]

ZHANG J, ZHANG Y, JIA XY, et al., 2019. Nutrient uptake rules of *Polygala tenuifolia* and its relationship with accumulation of bioactive components[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 25(7): 1230-12338. [张洁，张莹，贾小云，等，2019. 远志养分吸收规律及其与药效成分积累的关系[J]. 植物营养与肥料学报，25(7)：1230-1238.]

ZHANG MY, CAO LL, CAO QY, et al., 2019. Determination and health risk assessment of metal elements in bee pollen of Shijiazhuang[J]. Modern Preventive Medicine, 46(12): 2171-2174. [张梦妍，曹丽玲，曹倩玉，等，2019. 石家庄市市售蜂花粉中金属元素含量测定和健康风险评价[J]. 现代预防医学，46(12)：2171-2174.]

ZHANG MQ, XU L, ZHANG JB, et al., 2022. Determination of contents of the main nutritional components, functional components of *Akebia trifoliata* Pericarp and the antioxidant activity of its extracts[J]. Science and Technology of Food Industry, 43(10): 388-394. [张孟琴，徐路，张俊波，等，2022. 三叶木通果皮主要营养成分、活性成分含量测定及果皮提取物抗氧化活性评价[J]. 食品工业科技，43(10)：388-394.]

ZHANG YX, TANG H, HUANG XY, et al., 2022. The relationship between the growth of spring shoots and the dynamic changes of endogenous hormones in *Polygala fallax*[J]. Guihaia, 42(5): 796-801. [张玉仙，唐辉，黄夕洋，等，2022. 黄花倒水莲生长与内源激素水平动态变化关系研究[J]. 广西植物，42(5)：796-801.]